

PCT/JP 03/10173

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

05.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 8月 9日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-233513
[ST. 10/C]: [JP2002-233513]

出 願 人
Applicant(s): 東京エレクトロン株式会社

REC'D 26 SEP 2003

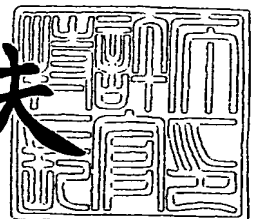
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 8月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3064894

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP021040

【提出日】 平成14年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/22

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 鈴木 啓介

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 佐藤 享

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 王 文凌

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091513

【弁理士】

【氏名又は名称】 井上 俊夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034359

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9105399

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱処理方法及び熱処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 熱処理雰囲気がその長さ方向に沿って複数のゾーンに分割された反応容器内に複数の基板を搬入し、前記複数のゾーンに夫々対応する複数の加熱手段により各ゾーンの加熱を行うと共に、前記反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行い、前記基板の表面に薄膜を形成する熱処理方法において、

処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない第 1 の基板を用いて熱処理を行う工程と、

第 1 の基板に形成された薄膜の膜厚を測定して各ゾーンの基板の膜厚が製品基板の目標膜厚と略同じ値になるように、前記加熱手段の各々の温度設定値を設定する工程と、

処理ガスの消費量が第 1 の基板よりも多い第 2 の基板を用い、前記工程で設定した温度設定値を用いて熱処理を行う工程と、

第 2 の基板に形成された薄膜の膜厚を測定し、各ゾーンの基板の膜厚と製品基板の目標膜厚とに基づいて、前記温度設定値を補正する工程と、

この工程で補正された温度設定値を用い、製品基板に対して熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする熱処理方法。

【請求項 2】 第 1 の基板の熱処理後に温度設定値を設定する工程及び第 2 の基板の熱処理後に温度設定値を補正する工程は、予め求めた薄膜の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて行われることを特徴とする請求項 1 記載の熱処理方法。

【請求項 3】 熱処理は、処理ガスを活性化させて活性種を生成し、この活性種により基板の表面に酸化膜を成膜するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の熱処理方法。

【請求項 4】 処理ガスは、水素ガス及び酸素ガスを含むことを特徴とする請求項 3 記載の熱処理方法。

【請求項 5】 第 1 の基板は、平均膜厚が 5 0 nm 以上の酸化膜が形成された基板であることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の熱処理方法。

【請求項 6】 第 2 の基板は、ベアシリコン基板であることを特徴とする請求項 3, 4 または 5 記載の熱処理方法。

【請求項 7】 熱処理は、化学蒸着法により基板の表面に薄膜を形成するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の熱処理方法。

【請求項 8】 第 1 の基板は、表面にパターンの形成されていない基板であり、第 2 の基板はパターンが形成されている基板であることを特徴とする請求項 7 記載の熱処理方法。

【請求項 9】 熱処理雰囲気はその長さ方向に沿って複数のゾーンに分割された反応容器内に複数の基板を搬入し、前記複数のゾーンに夫々対応する複数の加熱手段により各ゾーンの加熱を行うと共に、前記反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行い、前記基板の表面に薄膜を形成する熱処理装置において、

処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない第 1 の基板を用いて熱処理を行った後に、各ゾーンの第 1 の基板の膜厚が製品基板の目標膜厚とほぼ同じ値になるように、予め求めた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて前記加熱手段の各々の温度設定値を設定するためのプログラムと、

処理ガスの消費量が第 1 の基板よりも多い第 2 の基板に対して、前記プログラムで設定された温度設定値を用いて熱処理を行った後に、各ゾーンの第 2 の基板の膜厚と製品基板の目標膜厚と予め求めた膜厚及び温度設定値の関係とに基づいて前記温度設定値を補正するためのプログラムと、

補正後の温度設定値を用いて製品基板に対して熱処理を行うためのプログラムと、を備えたことを特徴とする熱処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウエハなどの基板を多数枚一括して熱処理するバッチ式の熱処理方法及び熱処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスを製造するにあたっては、半導体ウエハ（以下ウエハという）

に対して酸化やCVD (chemical vapor deposition) などの熱処理を行う工程が行われており、この熱処理を行うバッチ式の熱処理装置としては縦型熱処理装置が知られている。この装置はウエハポートと呼ばれる保持具に多数枚のウエハを棚状に保持させ、その後例えば縦型の熱処理炉内に前記保持具を例えば下方側から搬入し、処理雰囲気所定の温度の加熱雰囲気にして、熱処理を行うものである。一般に熱処理炉は、被加熱ゾーンを上下に複数に分割し、各ゾーン毎に温度制御することができるように、複数の加熱手段及び各々に対応する温度コントローラを備えた構成とされている。

【0003】

図6に示す縦断面図は、縦型熱処理装置の一例として酸化処理に用いるものを示したものである。図中11は下方側が開口する反応容器であり、その下端部には酸化処理用のガス例えば酸素ガス及び塩化水素ガスを反応容器11内に供給するためのガス供給管12、13と、排気ポンプ14へと伸びる排気管15とが接続されている。ガス供給管12、13は反応容器11の内部にて立ち上がり、当該反応容器11の天井部近傍から各ガスの供給を行うように配管されている。また図中16は反応容器11の周囲に、例えば上下複数に分割して設けられているヒータであり、17は多数のウエハWを棚状に保持するウエハポートである。そして上記装置を用いた酸化処理の流れについて簡単に説明すると、表面にシリコン層の形成された例えば140枚のウエハWがウエハポート17に移載された後、ウエハポート17が反応容器11内に搬入され、これによりウエハポート17の下端に設けられる蓋体18により反応容器11の下端開口部19が気密に塞がれる。続いて反応容器11内を所定の温度まで昇温させると共に当該反応容器11内を微減圧状態に維持し、かかる状態で反応容器11内に処理ガス例えば酸素ガスと塩化水素ガスとを供給することで、ウエハWの表面が酸化されシリコン酸化膜が形成される。

【0004】

上記酸化処理を行うにあたっては、前記シリコン酸化膜の膜厚がウエハ間で略均一となるように、各ヒータ16毎に予め温度設定値の合わせ込み作業が行われており、図示しない温度制御部により各ヒータ16が前記温度設定値に維持され

るように夫々別個に温度制御が行われる。温度設定値の合わせ込み作業は、シリコン酸化膜を形成したダミーウエハを例えば処理しようとする製品ウエハの配置レイアウトに応じたレイアウトでウエハポート17に保持し、得られる酸化膜が概ね目標とする膜厚となるように、所定の温度設定値にて熱処理（酸化処理）を行う。そして例えば熱処理雰囲気ゾーン毎に、これらについてシリコン酸化膜の膜厚を測定し、例えば予め求められている膜厚の変化分と各ヒータ16毎の温度設定値の変化分との関係に基づいて計算を行い、温度設定値を補正するようにしている。また、一度の補正で膜厚プロファイルがフラットにならなかった場合には、目標膜厚の誤差範囲内に収まるまで上記の補正（合わせ込み作業）が繰り返行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、本発明者は反応容器内を減圧雰囲気とし、この反応容器内に水素ガスと酸素ガスを所定の流量比で導入すると共に例えば1000℃程度で加熱することによりOラジカル及びOHラジカルを含む活性種を生成し、このラジカルによってウエハに酸化膜の成膜を施す方法を検討している。この方法によれば、ドライ酸化やウェット酸化に比べて酸化力が強く、膜質が良好な酸化膜が得られる利点がある。

【0006】

しかしながら、このようなラジカルを用いた酸化処理においては、従来のようにダミーウエハを用いて温度設定値の合わせ込みを行っても、製品ウエハに形成された酸化膜の膜厚の面間均一性が悪く、処理ガスの上流側に位置するウエハよりも下流側に位置するウエハの膜厚の方が薄くなる傾向（ローディング効果）があった。図7はこのローディング効果を把握するための実験結果であり、各ゾーンのヒータ16の温度設定値を、膜厚についてある程度の面間均一性が得られると予測される値に合わせ込み、ウエハポート17にウエハWを満載し、全てのウエハWがダミーウエハである場合、表面にトレンチ構造を有するウエハ（トレンチウエハ）を22枚搭載した場合、及びトレンチウエハを39枚搭載した場合の3通りについて、各々同条件でラジカルによる酸化処理を行ったときの膜厚プロ

ファイルである。

【0007】

◆は全てがダミーウエハの結果、▲は22枚のトレンチウエハを用いた結果、■は39枚のトレンチウエハを用いた結果である。この結果から分かるように十分に厚い酸化膜を形成したダミーウエハについては、下流側のウエハの膜厚が多少薄くなる傾向は見られるものの、それ程面間均一性は悪くないが、トレンチウエハを用いた場合には下流側に位置するウエハの膜厚が小さくなる傾向にあり、トレンチウエハの枚数が増えるにつれてその傾向が強くなる。

【0008】

この原因について本発明者は次のように考えている。即ち、溝の深いパターン（トレンチ）を備えたウエハは表面積が大きいことからラジカルの消費量が多く、これに対してダミーウエハはパターンのない平坦な表面に厚い酸化膜が形成されているため、この酸化膜表面にてラジカルの消費される量はトレンチウエハに比べて少ないと推測される。一方、処理ガスの流量を増加させると各基板における膜厚の面内均一性が低下してしまうし、また反応容器11内の圧力が増加し、これによりラジカルが失活し易くなるためライフタイムが短くなってしまうことから、流量をそれ程大きく設定することができない。従ってラジカルを用いた酸化処理においては、従来の手法ではローディング効果の影響を受けてしまい、酸化膜の膜質について高い面間均一性を確保することが困難である。

【0009】

本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、複数の基板に対する熱処理を一括して行って各基板の表面に薄膜を形成するにあたり、当該薄膜の膜厚について面間均一性を向上させることができる技術を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る熱処理方法は、熱処理雰囲気とその長さ方向に沿って複数のゾーンに分割された反応容器内に複数の基板を搬入し、前記複数のゾーンに夫々対応する複数の加熱手段により各ゾーンの加熱を行うと共に、前記反応容器内に処理

ガスを導入して熱処理を行い、前記基板の表面に薄膜を形成する熱処理方法において、

処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない第 1 の基板を用いて熱処理を行う工程と、第 1 の基板に形成された薄膜の膜厚を測定して各ゾーンの基板の膜厚が製品基板の目標膜厚と略同じ値になるように、前記加熱手段の各々の温度設定値を設定する工程と、処理ガスの消費量が第 1 の基板よりも多い第 2 の基板を用い、前記工程で設定した温度設定値を用いて熱処理を行う工程と、第 2 の基板に形成された薄膜の膜厚を測定し、各ゾーンの基板の膜厚と製品基板の目標膜厚とに基づいて、前記温度設定値を補正する工程と、この工程で補正された温度設定値を用い、製品基板に対して熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

このような方法によれば、例えば縦型熱処理装置を用いて熱処理を行う際に、製品基板よりも処理ガスの消費量が少ない第 1 の基板を用いて熱処理時の温度設定値を設定し、次いで第 1 の基板よりも処理ガスの消費量が多い第 2 の基板を用いて前記温度設定値の補正を行うようにしているため、製品基板がローディング効果（基板が処理ガスを消費することで下流側の基板に形成される薄膜の膜厚が薄くなってしまう現象）を有するものであっても、ローディング効果によって生じる目標膜厚との差分は温度設定値の補正により相殺される。このため補正後の温度設定値を用いて行う熱処理では、ゾーン間の製品基板上の薄膜の膜厚について高い均一性を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

上記の方法において、第 1 の基板の熱処理後に温度設定値を設定する工程及び第 2 の基板の熱処理後に温度設定値を補正する工程は、予め求めた薄膜の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて行われることが好ましい。また熱処理は、例えば処理ガスとして水素ガスと酸素ガスを用い、これら処理ガスを活性化させて活性種を生成し、この活性種により基板の表面に酸化膜例えばシリコン酸化膜を成膜する酸化処理に適用することができる。この場合、第 1 の基板は、平均膜厚が 5 0 nm 以上の酸化膜が形成された基板であり、第 2 の基板は、ベアシリコン基板であることが好ましい。

【0 0 1 3】

また熱処理は化学蒸着法により基板の表面に薄膜を形成するものであってもよい。この場合には第 1 の基板は、表面にパターンの形成されていない基板であり、第 2 の基板はパターンが形成されている基板であることが好ましい。

【0 0 1 4】

本発明に係る熱処理装置は、熱処理雰囲気とその長さ方向に沿って複数のゾーンに分割された反応容器内に複数の基板を搬入し、前記複数のゾーンに夫々対応する複数の加熱手段により各ゾーンの加熱を行うと共に、前記反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行い、前記基板の表面に薄膜を形成する熱処理装置において、

処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない第 1 の基板を用いて熱処理を行った後に、各ゾーンの第 1 の基板の膜厚が製品基板の目標膜厚とほぼ同じ値になるように、予め求めた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて前記加熱手段の各々の温度設定値を設定するためのプログラムと、

処理ガスの消費量が第 1 の基板よりも多い第 2 の基板に対して、前記プログラムで設定された温度設定値を用いて熱処理を行った後に、各ゾーンの第 2 の基板の膜厚と製品基板の目標膜厚と予め求めた膜厚及び温度設定値の関係とに基づいて前記温度設定値を補正するためのプログラムと、

補正後の温度設定値を用いて製品基板に対して熱処理を行うためのプログラムと、を備えたことを特徴とする。

【0 0 1 5】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施するための装置として縦型熱処理装置である酸化処理装置を例にとり、その実施の形態を説明する。図 1 は酸化処理装置の一例を示す縦断面図であり、縦型の加熱炉 2 1 は例えば天井部を塞いだ筒状の断熱体 2 2 と、この断熱体 2 2 の内壁面に沿って周方向に設けられる加熱手段をなす例えば抵抗発熱体からなるヒータ 2 とを備え、その下端部がベース体 2 3 に固定されている。ヒータ 2 は熱処理雰囲気を上下複数のゾーンに分割し、各ゾーン毎に別個の加熱制御を行うことができるように、例えば 4 段（ヒータ 2 a, 2 b, 2 c, 2 d）

に分割して設けられている。また加熱炉 21 の中には、反応容器を構成し、上端のみ閉塞すると共にその内部に熱処理雰囲気形成される縦型の例えば石英よりなる反応管 24 が設けられている。この反応管 24 は例えば筒状をなす断熱部材 25 を介してベース体 23 に固定されている。

【0016】

反応管 24 の下端近傍には、バルブ V1 を介して排気ポンプ 26a へと配管される排気管 26 と、第 1 のガス供給管 27 及び第 2 のガス供給管 28 が接続されている。第 1 のガス供給管 27 は一端がバルブ V2 を介して第 1 の処理ガス例えば酸素 (O₂) ガスの供給を行う第 1 の処理ガス供給源 27a と接続されており、バルブ V2 の下流側にて 2 本 (第 1 のガス供給管 27b, 27c) に分岐されており、また第 2 のガス供給管 28 については一端がバルブ V3 を介して第 2 の処理ガス例えば水素 (H₂) ガスの供給を行う第 2 の処理ガス供給源 28a と接続されている。そして第 1 のガス供給管 27 (27b, 27c) と第 2 のガス供給管 28 (28b, 28c) の他端側は断熱部材 25 を外から貫通して配管されると共に、第 1 のガス供給管 27b, 第 2 のガス供給管 28b については反応管 24 の内部にて垂直に立ち上げられ、先端が当該反応管 24 の天井部近傍に位置するように夫々設けられている。なお実際には第 1 のガス供給管 27b, 第 2 のガス供給管 28b は、例えば反応管 24 の中心部付近で天井部に向けて処理ガスを吹き付けられるように、夫々先端部が屈曲して設けられている。また第 1 のガス供給管 27c, 第 2 のガス供給管 28c については後述するウエハポート 3 が反応管 24 内に搬入されたとき、当該ウエハポート 3 の基板保持領域の下方側に処理ガスを供給できるように、先端が反応管 24 の下部側に位置するように夫々設けられる。また図中 27d, 27e, 28d, 28e は例えばマスフローコントローラよりなる流量調節手段である。

【0017】

更にこの酸化処理装置は基板であるウエハ W の保持具であるウエハポート 3 を備えており、例えば天板 31 及び底板 32 の間に複数の支柱 33 を設け、この支柱 33 に形成された図示しない溝にてウエハ W の周縁を棚状に保持するように構成されている。ウエハポート 3 は反応管 24 の下端の開口部 24a を開閉する蓋

体 34 の上に保温筒 35 を介して載置されている。蓋体 34 はポートエレベータ 30 に設けられており、このポートエレベータ 30 が昇降することにより、加熱炉 21（反応管 24）へのウエハポート 3 の搬入出が行われる。

【0018】

次いで図 2 を参照しながら上述の構成要素と制御系との関係について説明する。図中 4 は制御部であり、各ヒータ 2（2a～2d）をコントロールする温度コントローラ 5（5a, 5b, 5c, 5d）と接続され、熱処理雰囲気構成する各ゾーンの温度制御を行うように構成されている。更に制御部 4 は、移載コントローラ 51 を介して図示しないウエハ移載手段の制御を行う機能を備えている。ここでいうウエハ移載手段とは、ウエハポート 3 に対してウエハ W の受け渡しを行うウエハアーム、ウエハアームのアクセス位置にウエハカセットを搬送する図示しないカセット移載機などを含めたものを指している。本実施の形態における縦型熱処理装置では、カセット C 内に製品ウエハ W3 を用意することに加えて、ヒータ 2（2a～2d）の温度設定値の調整（合わせ込み）作業を行うために、ダミーウエハ W1 及びベアウエハ W2 がカセット C 内に用意され、これらウエハ W がウエハ移載手段によりウエハポート 3 に移載されることとなる。

【0019】

更にまた縦型熱処理装置の例えば近くには、ウエハ W の膜厚を測定する膜厚測定部 6 が設けられており、制御部 4 はこの膜厚測定部 6 とも接続されている。膜厚測定部 6 は、後述する各ヒータ 2（2a～2d）の温度設定値の合わせ込み作業において、例えばダミーウエハ W1 及びベアウエハ W2 の夫々の表面に形成された薄膜の膜厚を測定し、その測定値を制御部 4 に送信するように構成されている。

【0020】

ここで特許請求の範囲に記載した文言との整合を図っておくと、ダミーウエハ W1 は製品ウエハよりも処理ガス（この例ではラジカル）の消費量の少ない第 1 の基板に相当し、パターンの形成されていない平坦な表面に、既述のローディング効果の影響が殆ど見られない程度に十分な厚さのシリコン酸化膜が形成されたものである。ベアウエハ W2 はラジカル消費量が第 1 の基板よりも多い第 2 の

基板に相当し、パターンが形成されていない平坦な表面にシリコンが露出しているウエハである。

【0021】

次に制御部4の構成を説明する。図3に示すように温度コントローラ5（5a～5d）、移載コントローラ51及び膜厚測定部6は制御部4内のCPU41からの制御信号に従って各制御対象のコントロールを行うように構成されている。また制御部4内ではバス40に入力部42、レシピ格納部43、プログラム格納部44及び記憶部45が夫々接続されている。入力部42は例えば酸化処理におけるパラメータ入力や、レシピ格納部43内に格納されている後述するレシピの選択を行うためのものであり、例えば装置全面に設けられるタッチパネルやキー操作部等により構成される。レシピ格納部43にはウエハの種類、ウエハポート3に積載するウエハの枚数またはその配置レイアウト等に応じて、ウエハに形成する薄膜の目標膜厚、処理ガスの流量、及び圧力等を記録したレシピが予め多数用意されている。

【0022】

プログラム格納部44には、ダミーウエハW1を用いて酸化処理を行った後に、反応管24内における熱処理雰囲気各ゾーンのダミーウエハW1の膜厚が、製品ウエハW3の目標膜厚とほぼ同じ値になるように、各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値の設定を行う第1のプログラムと、この第1のプログラムにより設定した温度設定値に基づいてベアウエハW2に対する酸化処理を行った後に、前記各ゾーンのベアウエハW2の膜厚と製品ウエハW3の目標膜厚とに基づいて前記温度設定値の補正を行う第2のプログラムと、補正後の温度設定値を用いて製品ウエハW3に対する熱処理を行うための第3のプログラムとが格納されている。

【0023】

また記憶部45は、膜厚測定部6により得られたヒータ2a～2dに対応する各ゾーンのウエハ表面の酸化膜の膜厚や、温度設定値等を記憶するためのものである。なおレシピ格納部43、プログラム格納部44及び記憶部45の各ブロックは、実際はいずれも例えば半導体メモリやハードディスクといったコンピュー

タ用の記憶媒体にて実現されるものであるが、ここでは便宜上役割に応じてブロック化して表した。

【0024】

次に図4に示す工程図を参照しながら、本実施の形態の作用について説明を行う。最初にステップS1に示すように入力部42においてダミーウエハ（第1の基板）W1を用いた酸化処理に必要なパラメータの入力が行われる。このステップでは、これから酸化処理を行う製品ウエハ用のレシピ（例えばガス流量、反応管24内の圧力等）と同じパラメータの入力がなされるが、入力作業はオペレータが各種パラメータを一つずつ入力してもよいし、予め用意されたレシピをレシピ格納部43から選択するようにしてもよい。そしてパラメータの入力後、例えば入力部42による操作により、ダミーウエハW1に対する酸化処理を実施する。この酸化処理は第1のプログラムにより実施されるが、後述する他のウエハ（ベアウエハW2及び製品ウエハW3）を用いた処理においても、温度設定値を除く酸化処理のパラメータ、ウエハポート3に移載するウエハの配置レイアウトは同じに設定されるため、これらの条件は第2及び第3のプログラムにおいてもそのまま用いられる。なおウエハの配置レイアウトが同じとは、ウエハの枚数とウエハポート3上の保持溝（スロット）の番号（何段目の保持溝であるという番号）とが完全に同じ場合のみならず、例えばあるレシピで熱処理を行うときに、良好な面間均一性が得られる範囲の幅をもったレイアウトをいうものである。

【0025】

次いでダミーウエハW1に対して酸化処理が行われる（ステップS2）。この工程の流れについて簡単に説明しておくと、先ず反応管24内の圧力を所定の真空度まで減圧すると共に熱処理雰囲気を各ヒータ2（2a～2d）により設定温度となるまで昇温させ、反応管24内にO₂（酸素）ガス及びH₂（水素）ガスを供給して、反応管24内を例えば0.35 Torr（約46.6 Pa）となるように維持する。熱処理雰囲気の温度は、例えば概ね1000℃程度とされ、またO₂ガス及びH₂ガスの流量については、例えばO₂：H₂=9：1の割合となるように流量調節が行われる。また各流量調節手段27d、27e、28d、28eでは第1のガス供給管27b、27c及び第2のガス供給管28b、28cの夫

々の流量調整が行われるが、ここでは上方側の第1のガス供給管27b及び第2のガス供給管28bからのみ、ガスの供給を行うものとして話を進めると、ウエハポート3の上方から供給されるO₂及びH₂は減圧高温下において活性化され、例えばOラジカルやOHラジカル等の活性種となって下方側へと向かい、これに伴い各ウエハの表面にて酸化反応が進行していく。

【0026】

こうして酸化処理が終了すると縦型熱処理装置からダミーウエハW1が搬出され、膜厚測定部6へと搬送される。そしてステップS3に示すように膜厚測定部6にてダミーウエハW1の膜厚測定が行われる。この膜厚測定は例えばヒータ2(2a~2d)の対応する熱処理雰囲気各ゾーン毎に行われ、例えば各ゾーンで一枚ずつ計4枚分の膜厚を測定したとするとこの膜厚T(T1, T2, T3, T4: かつこ内は各ゾーンに対応するダミーウエハW1の膜厚)のデータは制御部4へと送られ、第1のプログラムによって膜厚T1~T4がいずれも製品ウエハにおける目標膜厚の誤差範囲内にあるか否かの判断が行われる。

【0027】

そしていずれの膜厚も前記誤差範囲内に収まっていれば、今回の熱処理にて用いた各ヒータ2(2a~2d)の温度設定値の変更は行われず、前記目標膜厚から所定量外れているものがあれば、目標膜厚とほぼ同じになるように温度設定値の調整が行われる(ステップS4)。温度設定値の調整は、予め求めた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて、膜厚の測定値を目標膜厚にするためには温度設定値を現在の値からどれだけ変化させればよいかを計算し、今回の処理条件において目標膜厚を実現するための適正な温度設定値を算出する。なお第1のプログラムにて用いられる「膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係」としては、例えば測定した膜厚の値に対応して、温度設定値を1℃上げることで膜厚が何nm増減する、といったように温度と膜厚変化量とを対応させたテーブル等が用いられる。具体的には例えば温度設定値y1のとき膜厚の測定値がx1、目標膜厚がx0、膜厚の変化分と温度の変化分との関係が $\Delta y / \Delta x$ であるとする、温度設定値は $y1 + (x0 - x1) \cdot \Delta y / \Delta x$ となる。

【0028】

こうしてダミーウエハW1を用いた酸化処理において温度設定値が算出されると、ステップS5に示すように当該温度設定値が記憶部45に記憶され、温度設置値の設定が終了する。なお図5は、酸化処理後のウエハによる膜厚プロファイルを示す特性図であり、縦軸が膜厚、横軸がウエハポート3におけるウエハスロットの位置を示しており、横軸における1段目（左端）が最上段であり、140段目（右端）が最下段である。この図5中◆にて示す膜厚プロファイルは、このステップS5で設定された温度設定値を用い、目標膜厚を14.7nmとしてダミーウエハW1による酸化処理を行ったときの膜厚プロファイルであり、この図からいずれのゾーンでも膜厚が目標膜厚とほぼ同じになるように各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値が設定されていることが分かる。

【0029】

次いでダミーウエハW1を搬出し、ウエハポート3に第2の基板であるベアウエハW2を移載した後、ステップS6に示す酸化処理が行われる。ここでは先程記憶した各ヒータ5（5a～5d）の温度設定値を用い、且つ温度設定値以外の条件についてはステップS2の酸化処理と同条件下で酸化処理を行う。そして酸化処理が終了するとベアウエハW2が縦型熱処理装置から搬出されて膜厚測定部6へと搬送され、ステップS7に示す膜厚の測定が行われ、これにより膜厚T'（T1'，T2'，T3'，T4'：かっこ内は各ゾーンに対応するベアウエハの膜厚）が得られる。ベアウエハW2は、表面全体にシリコンが露出しているのでラジカルの消費量が多く、下流側には十分な量のラジカルが供給されないため、ダミーウエハW1を用いて得た温度設定値により酸化処理を行っても膜厚プロファイルは目標膜厚近傍でフラットにならず、例えば目標膜厚を14.7nmとすると、その膜厚プロファイルは図5の◇にて示すように右下がりとなり、最大で0.7～1.0nm程度膜厚が薄くなる。

【0030】

こうして膜厚T'が得られると、第2のプログラムによりステップS8に示す温度設定値の補正、即ちベアウエハW2のように既述のローディング効果を生じる種類のウエハを用いたときにも、膜厚プロファイルが目標膜厚とほぼ同じに（フラットに）なるような温度設定値の補正が行われる。

【0031】

この補正について図5を用いて具体的に説明すると、ステップS7が終了した時点で各ヒータ5（5a～5d）にとっての目標膜厚はいずれも例えば概ね14.7nmとされているが、実際には図5に示すように目標膜厚よりも低い膜厚となっており各膜厚 $T1'$ ～ $T4'$ と目標膜厚との膜厚差は夫々異なる。既述のように図5に◆にて示される膜厚プロファイルは、ラジカルの消費が少ないダミーウエハW1を用いたときのものであり、また◇にて示す膜厚プロファイルは上記のようにラジカルの消費の多いベアウエハW2を用いたときのものであり、前者はローディング効果が全くないか或いは殆どなく、後者はローディング効果が大きい。即ち、図中◆と◇との差は、両者のローディング効果による膜厚差である。

【0032】

そこで第2のプログラムは上述したローディング効果による膜厚差を相殺するために、各ヒータ5における目標膜厚が、例えば現在の目標膜厚と膜厚 T' との差の分だけ厚くなるように、即ち例えば図5中△にて示す膜厚プロファイルとなるように、各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値を決定する。この温度設定値の決定に際しては、例えば上記膜厚プロファイルに示される4つの△を、既述の予め求めた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係に当てはめて、夫々の温度設定値が算出される。そしてステップS9に示すように補正後の温度設定値を記憶部45に記憶する。

【0033】

しかる後、ステップS10に示すように、例えばステップS1にて設定した酸化処理の条件における温度設定値として、ステップS8にて補正した温度設定値を適用し、その内容をレシピに書き込むと、当該レシピがレシピ格納部43内に格納される。その後このレシピを用いて、製品ウエハにより同様に酸化処理を行う（ステップS11）。

【0034】

以上のように本実施の形態によれば、ウエハに対する酸化処理（熱処理）をバッチ式で行って各ウエハの表面に酸化膜を形成するにあたり、ローディング効果（ウエハ上の酸化膜がラジカルを消費することで生じる下流側のウエハ上の酸化

膜の膜厚が薄くなる現象) が全くないか、或いは殆どないダミーウエハW1を用いて温度設定値の合わせ込みを行い、次いでローディング効果があるベアウエハW2を用いてローディング効果による目標膜厚からの膜厚の減少分を求め、この膜厚の減少分つまりローディング効果による膜厚差を補償するように温度設定値を高めるようにしている。従って、このように設定された状態で製品ウエハW3に対して酸化処理を行うと、ローディング効果が相殺されて、ゾーン間のウエハ上の酸化膜の膜厚について高い均一性が得られる。

【0035】

また、ローディング効果がないか或いは殆どないダミーウエハW1を用いた酸化処理にて温度設定値を合わせ込み、しかる後ローディング効果が現れるベアウエハW2を用いてローディング効果による膜厚の目標膜厚からのずれ分を求め、このずれ分に応じた分だけ温度設定値を調整しているので、例えば製品ウエハW3を用いて試行錯誤で温度設定値を合わせ込む場合に比べて温度設定値の合わせ込み作業が容易である。

【0036】

更に本実施の形態において用いられているベアウエハは、製品ウエハに見立てて用いられるものであるため、同様に処理ガスを消費するウエハであればパターンの有無、或いはパターンがある場合にはその形状についても限定されるものではない。例えば製品ウエハが予め表面にパターンの形成されているものであるならば、ベアウエハに代えて製品ウエハそのもの、或いは同等のパターンが形成されたウエハを用いるようにしてもよい。

【0037】

なお本実施の形態は、上述したローディング効果の生じ得る他の熱処理において適用可能であり、酸化処理以外にも例えば処理ガスとしてジクロロシラン(SiH_2Cl_2)とアンモニア(NH_3)とを使用し、これに熱エネルギーを与えることで分解させて気相反応によりウエハ表面に例えば窒化珪素(SiN)の薄膜を形成するような、化学蒸着法(CVD)による成膜を行う装置にも適用可能である。この場合、CVDに用いる処理ガスはウエハの表面に形成されるパターンの溝の大小(表面積の大小)のみによって消費される量が変わるため、第1のウエ

ハには処理ガスの消費が小さいもの例えばパターンのない既述のダミーウエハ、或いはベアウエハを用い、第2のウエハには処理ガスの消費が大きいトレンチを有するウエハ、例えば製品ウエハと同様のパターンが形成されているウエハを用いる。そしてこのような第1及び第2の基板を用いて、既述の酸化処理のときと同様にして温度設定値の補正を行うようにすれば、製品ウエハ上に形成される薄膜の膜厚の面間均一性が向上する。

【0038】

また以上において、加熱炉21における処理ガスの供給方向（流れる方向）はウエハポート3の上方側から下方側に限定されるものではない。例えば下方側に設けられる第1のガス供給管27c及び第2のガス供給管28cからも補助的に処理ガスの供給を行うようにしてもよいし、或いは排気管26の一端を反応管2の天井部に接続して排気を行うと共に、反応管24の下方側からのみ処理ガスの供給を行って、処理ガスの流れを上述実施の形態と逆向き（下方側から上方側に流れる）にしてもよい。

【0039】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、複数の基板に対する熱処理を一括して行って各基板の表面に薄膜を形成するにあたり、当該薄膜の膜厚について面間均一性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る熱処理装置の実施の形態における加熱炉及びその周辺を示す縦断面図である。

【図2】

前記熱処理装置における制御部と、加熱炉及びその他の装置との接続状況を示す概略説明図である。

【図3】

制御部の構成を説明するためのブロック図である。

【図4】

本実施の形態の作用を説明するための工程図である。

【図 5】

本実施の形態の作用を説明するための特性図である。

【図 6】

従来の縦型熱処理装置を示す概略縦断面図である。

【図 7】

発明が解決しようとする課題を説明するための特性図である。

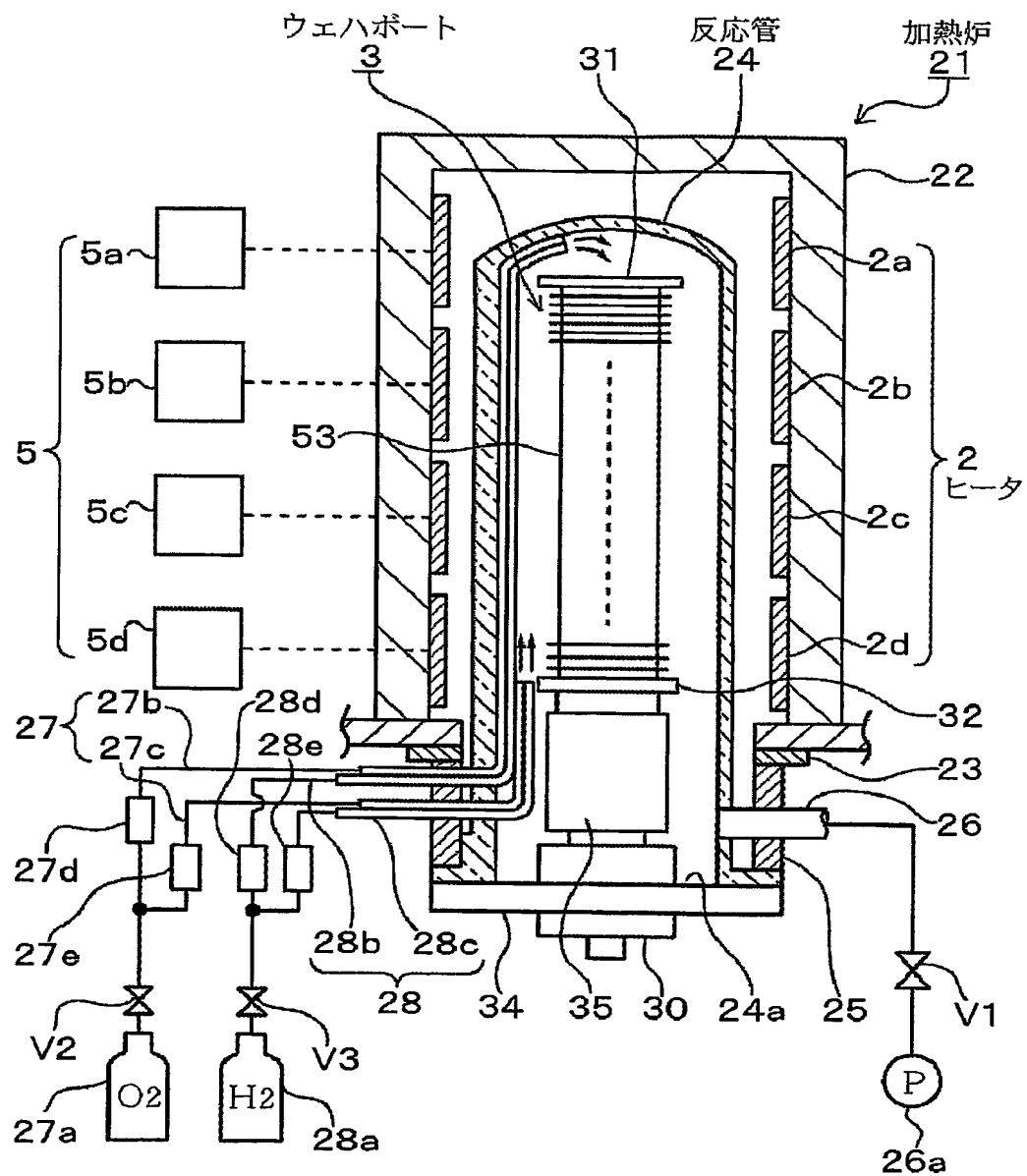
【符号の説明】

W	半導体ウエハ
W 1	ダミーウエハ
W 2	ベアウエハ
W 3	製品ウエハ
C	カセット
2 (2 a ~ 2 d)	ヒータ
2 1	加熱炉
2 4	反応管
3	ウエハボート
4	制御部
4 1	C P U
4 2	入力部
4 3	レシピ格納部
4 4	プログラム格納部
4 5	記憶部
5 (5 a ~ 5 d)	温度コントローラ
6	膜厚測定部

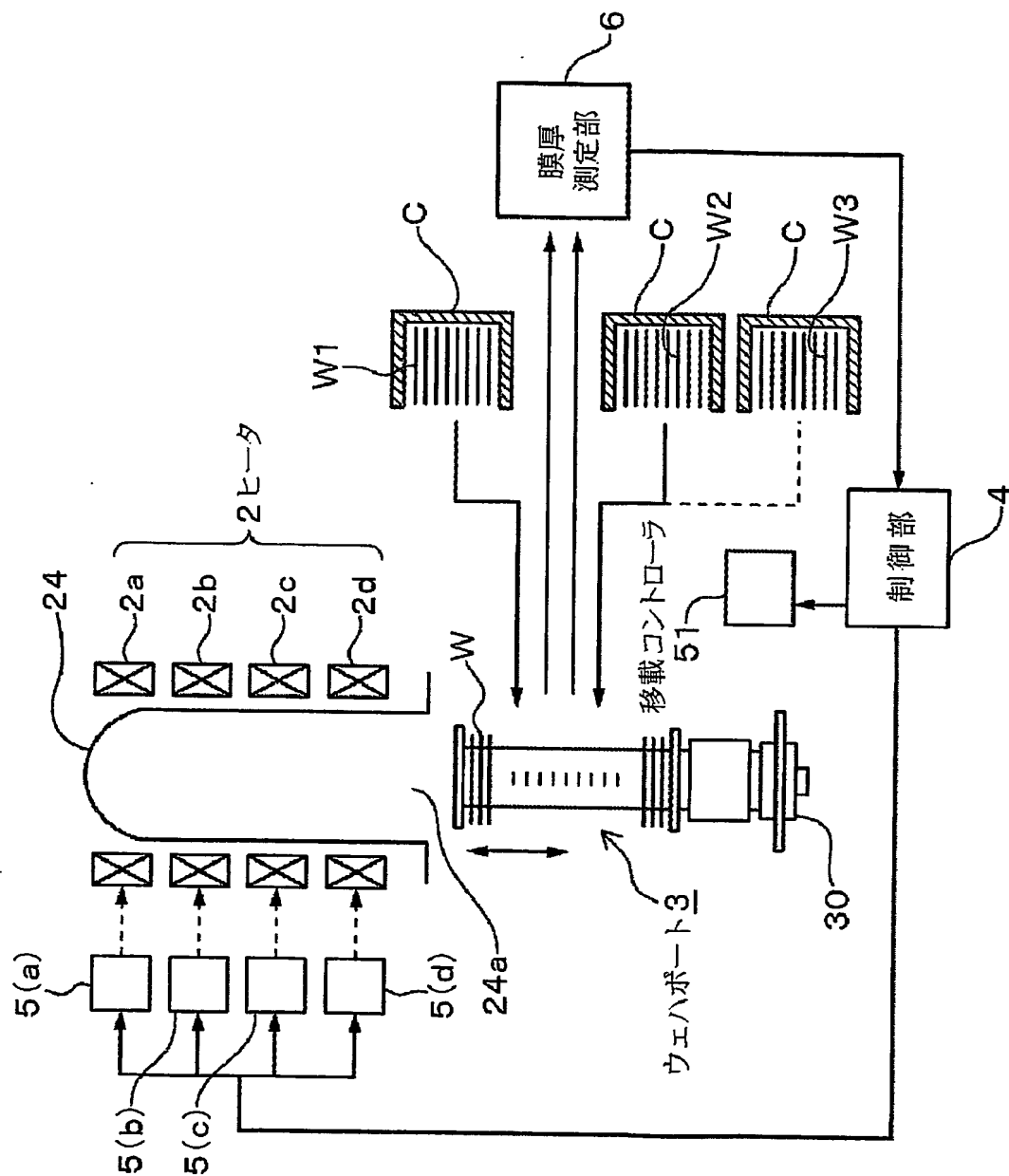
【書類名】

図面

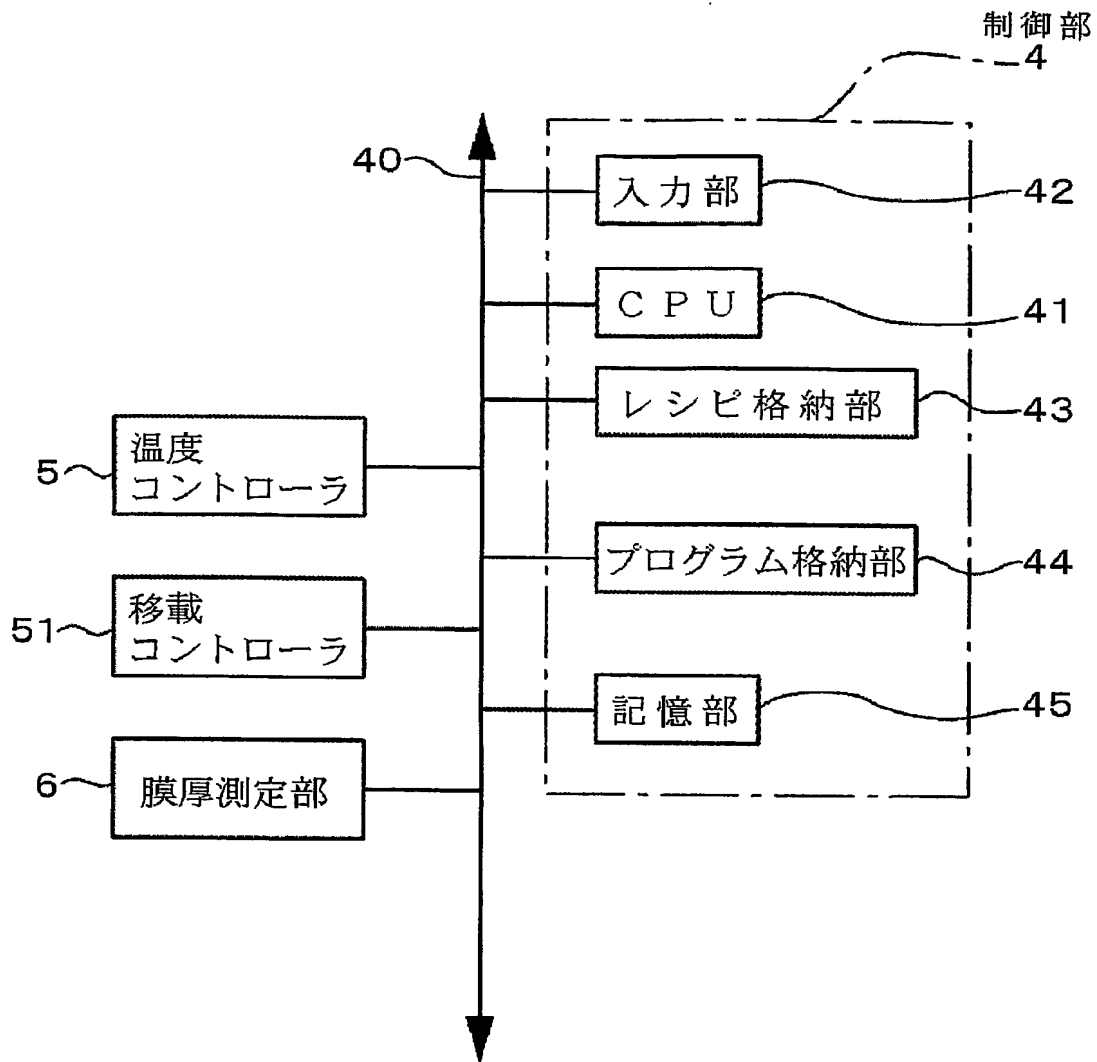
【図 1】



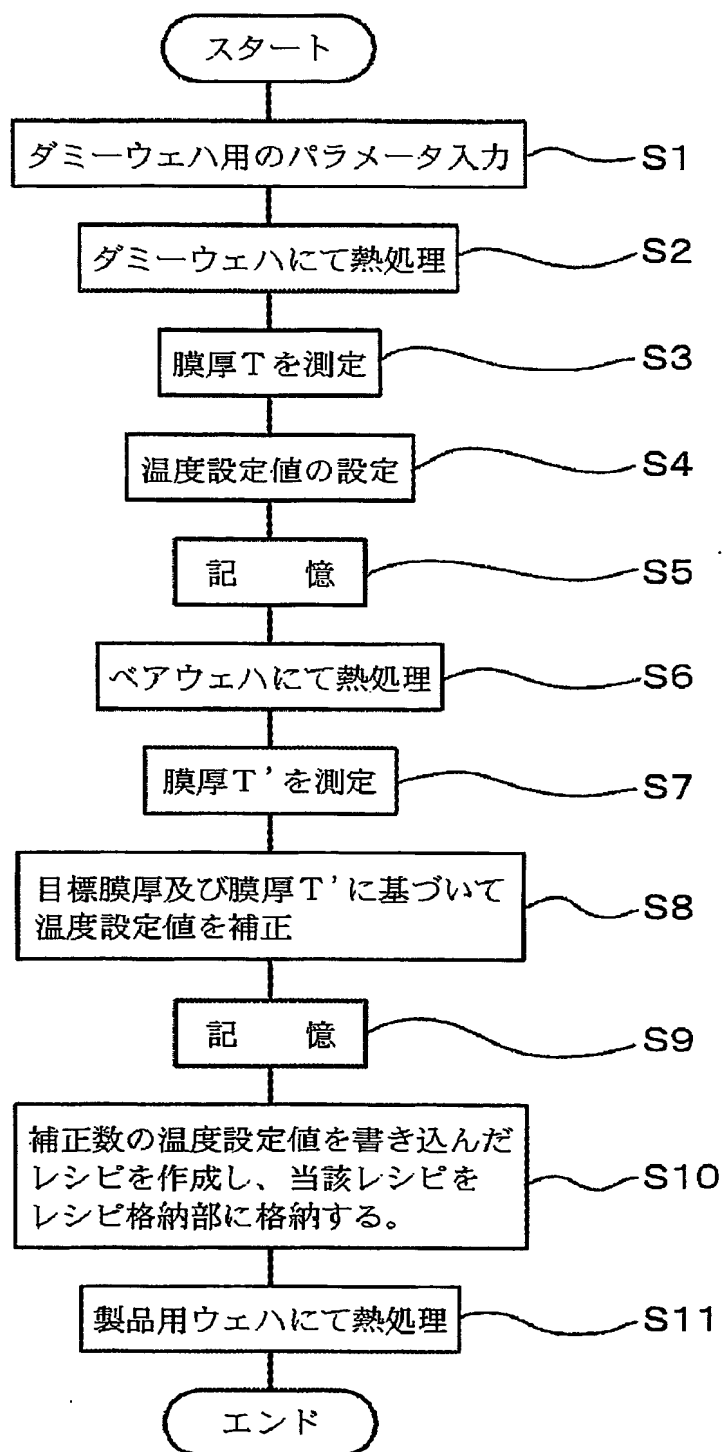
【図 2】



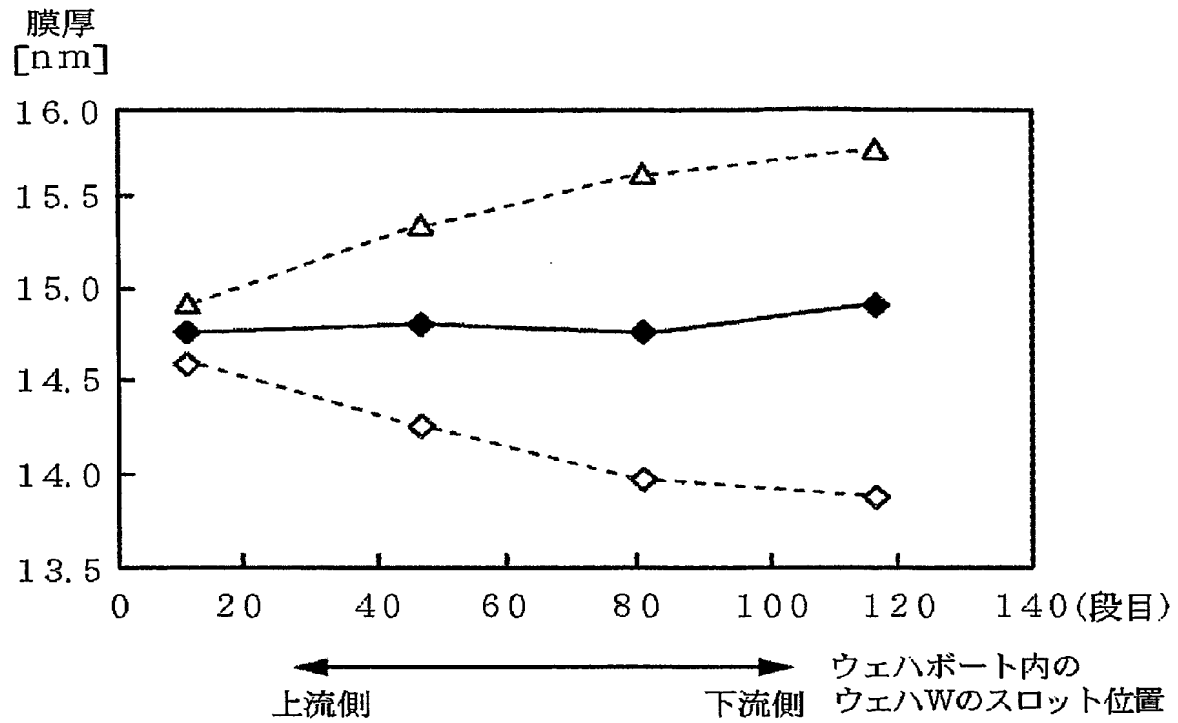
【図 3】



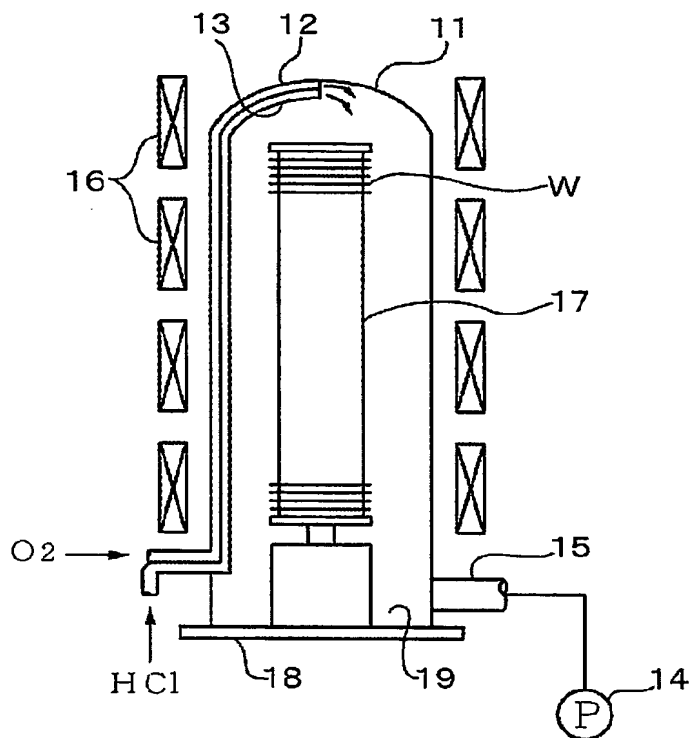
【図 4】



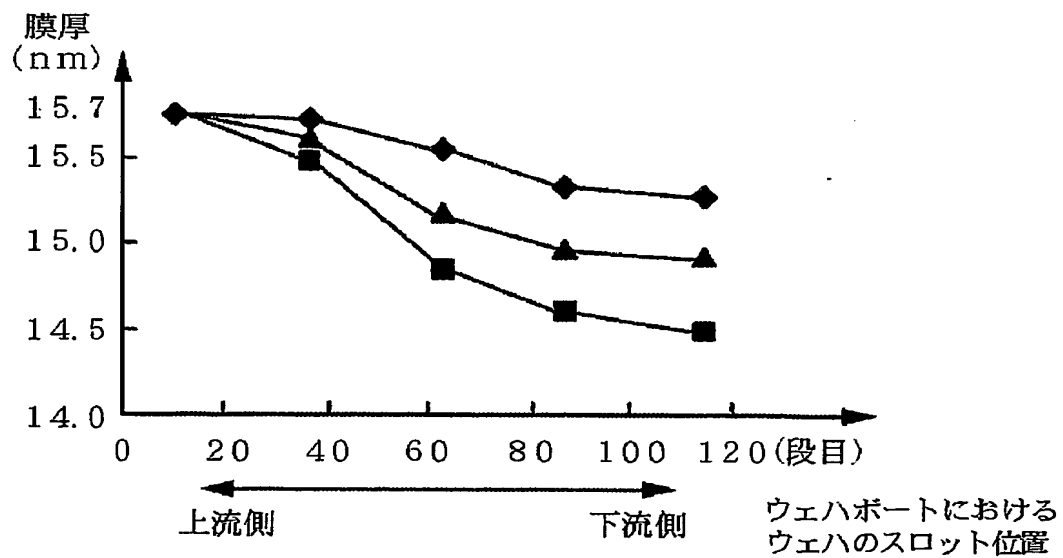
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の基板に対する熱処理を一括して行って各基板の表面に薄膜を形成するにあたり、当該薄膜の膜厚について面間均一性を向上させる技術を提供すること。

【解決手段】 ウエハに対する熱処理をバッチ式で行って各ウエハの表面に薄膜を形成するにあたり、先ずローディング効果（ウエハ上の薄膜がラジカルを消費することで生じる下流側のウエハ上の薄膜の膜厚が薄くなる現象）が全くないか、或いは殆どないダミーウエハを用いて温度設定値の合わせ込みを行う。次いでローディング効果があるベアウエハを用いて熱処理を行い、膜厚を測定すると共にローディング効果による目標膜厚からの膜厚の減少分を求め、この膜厚の減少分を補償するように温度設定値を高める補正を行う。そして補正後の温度設定値に基づいて製品ウエハに対して酸化処理を行うと、ローディング効果が相殺されるため、ゾーン間のウエハ上の薄膜の膜厚について高い均一性が得られる。

【選択図】 図4

特願 2002-233513

出願人履歴情報

識別番号

[000219967]

1. 変更年月日

1994年 9月 5日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂5丁目3番6号

氏 名

東京エレクトロン株式会社

2. 変更年月日

2003年 4月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目3番6号

氏 名

東京エレクトロン株式会社